

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-144234

(P2001-144234A)

(43)公開日 平成13年5月25日(2001.5.25)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

FI

テーマト\* (参考)

H01L 23/36

H01L 23/36

C 5 F 0 3 6

23/15

23/14

C

審査請求 未請求 請求項の数3 O.L (全 7 頁)

(21)出題番号

特願平11-325570

(22) 出願日

平成11年11月16日(1999.11.16)

(71)出願人 000006264

三菱マテリアル株式会社

東京都千代田区大手町1丁目5番1号

(72) 発明者 長友 義幸

埼玉県大宮市北袋町1丁目297番地 三菱

マテリアル株式会社総合研究所内

(72) 発明者 長瀬 敏之

埼玉県大宮市北袋町1丁目297番地 三菱

マテリアル株式会社総合研究所内

(74) 代理人 100085372

弁理士 須田 正義

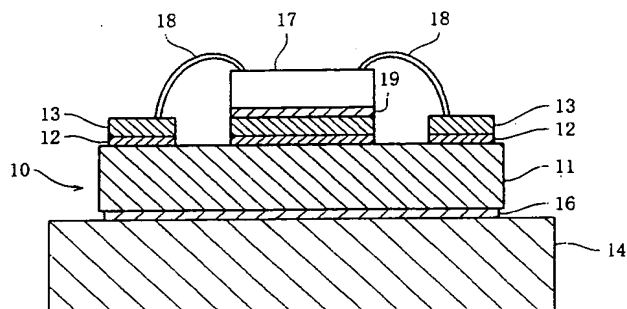
[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 半導体実装用絶縁回路基板

(57) 【要約】

【課題】 絶縁回路基板の温度サイクル寿命を延す。

【解決手段】 セラミック基板 11 の両面のいずれか一方又は双方に Al-Si 系又は Al-Ge 系の金属層用ろう材 12 を介して金属層 13 が積層接着される。上記金属層 13 のマイクロビッカース硬度及び厚さをそれぞれ  $H_v$  及び  $T_1$  (mm) とし、上記セラミック基板 11 の厚さ及び抗折強度をそれぞれ  $T_2$  (mm) 及び  $S$  (MPa) とするとき、 $A = [H_v \times T_1 / (T_2 \times S)] < 0.08$  という関係が成立するように構成される。



10 絶縁回路基板  
11 セラミック基板  
12 金属層用ろう材  
13 金属層

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 セラミック基板(11)の両面のいずれか一方又は双方にAl-Si系又はAl-Ge系の金属層用ろう材(12,32)を介して金属層(13,33)が積層接着された半導体実装用絶縁回路基板において、

前記金属層(13,33)のマイクロピッカース硬度及び厚さをそれぞれHv及びT<sub>1</sub>(mm)とし、セラミック基板(11)の厚さ及び抗折強度をそれぞれT<sub>2</sub>(mm)及びS(MPa)とするとき、 $A = [Hv \times T_1 / (T_2 \times S)] < 0.08$ という関係が成立するように構成されたことを特徴とする半導体実装用絶縁回路基板。

【請求項2】 -40℃から125℃までの温度サイクルを3000回繰返したときの金属層(13,33)のマイクロピッカース硬度の増加量δが0<δ≤35である請求項1記載の半導体実装用絶縁回路基板。

【請求項3】 セラミック基板(11)がSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlN、SiC又はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>により形成され、金属層(13,33)がAl又はAl合金により形成された請求項1又は2記載の半導体実装用絶縁回路基板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電気自動車や電気車両等の大電圧・大電流を制御する半導体を実装するための絶縁回路基板に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】本出願人は、Al又はAl合金からなるヒートシンク及び金属層により、窒化アルミニウム系統結体からなるセラミック基板を挟んだ状態で、Al-Si系又はAl-Ge系の金属層用ろう材を用いて積層接着し、かつ上記金属層の表面の所定部分又は全面にCu又はNiめっき層を形成した半導体装置用軽量基板を実用新案登録出願した(実開平3-57945号)。このように構成された半導体装置用軽量基板では、軽量であるため、半導体装置の高集積化及び大電力化に十分対応することができ、かつ温度サイクルを数百回繰返しても、セラミック基板に割れなどの欠陥が発生せず、信頼性の高い基板を得ることができる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】近年、更に高い絶縁回路基板の耐久性が要求され、温度サイクルを数千回繰返しても、セラミック基板に割れ等の発生しないことが要求されるようになってきた。しかし、上記従来の実開平3-57945号公報に示された半導体装置用軽量基板では、温度サイクルを数千回繰返す前に、金属層及びセラミック基板の界面や半導体実装用のはんだ層に割れや亀裂等が発生する問題点があった。本発明の目的は、温度サイクル寿命を延すことができる半導体実装用絶縁回路基板を提供することにある。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、

図1に示すように、セラミック基板11の両面のいずれか一方又は双方にAl-Si系又はAl-Ge系の金属層用ろう材12を介して金属層13が積層接着された半導体実装用絶縁回路基板の改良である。その特徴ある構成は、金属層13のマイクロピッカース硬度及び厚さをそれぞれHv及びT<sub>1</sub>(mm)とし、セラミック基板11の厚さ及び抗折強度をそれぞれT<sub>2</sub>(mm)及びS(MPa)とするとき、 $A = [Hv \times T_1 / (T_2 \times S)] < 0.08$ という関係が成立するように構成されたところにある。この請求項1に記載された半導体実装用絶縁回路基板では、金属層13の変形抵抗及び厚さがともに小さく、セラミック基板11の強度及び厚さがともに大きければ、即ち上記A値が0.08未満であれば、金属層13がセラミック基板11との熱膨張係数の相違に基づく熱変形の相違を柔軟に吸収し、かつセラミック基板11が金属層13との熱変形の相違により発生した内部応力に耐え得る靱性を有するため、セラミック基板11及び金属層12の界面に割れや亀裂が発生せず、この界面の温度サイクル寿命を延すことができる。

【0005】請求項2に係る発明は、請求項1に係る発明であって、更に図1に示すように、-40℃から125℃までの温度サイクルを3000回繰返したときの金属層13のマイクロピッカース硬度の増加量δが0<δ≤35であることを特徴とする。この請求項2に記載された半導体実装用絶縁回路基板では、金属層13の温度サイクルによる加工硬化率が小さければ、即ち上記マイクロピッカース硬度の増加量δが35以下であれば、金属層13が半導体用のはんだ層19との熱膨張係数の相違に基づく熱変形の相違を柔軟に吸収するため、半導体用のはんだ層19に割れや亀裂等が発生せず、半導体用のはんだ層19の温度サイクル寿命を延すことができる。またセラミック基板11はSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlN、SiC又はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>により形成され、金属層13はAl又はAl合金により形成されることが好ましい。

## 【0006】

【発明の実施の形態】次に本発明の第1の実施の形態を図面に基いて説明する。図1に示すように、絶縁回路基板10はセラミック基板11と、このセラミック基板11の上面に金属層用ろう材12を介して積層接着された金属層13とを備える。セラミック基板11はSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlN、SiC又はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等により形成されることが好ましい。また金属層13はAl又はAl合金により形成されることが好ましく、純度が99.5重量%以上のAlにより形成されることが更に好ましい。金属層用ろう材12としては、Al-Si系ろう材又はAl-Ge系ろう材を用いることが好ましい。Al-Si系ろう材は87.0～96.0重量%のAlと4.0～13.0重量%のSiとの合金であり、Alより融点が50～100℃低い。Al-Ge系ろう材は85.0～90.0重量%のAlと10.0～15.0重量%のGe

との合金であり、Alより融点が20～50℃低い。なお、図1中の符号14はシンク用ろう材16により積層接着されたヒートシンクである。ヒートシンク14はAl又はAl合金により形成され、シンク用ろう材16としては上記と同様にAl-Si系ろう材又はAl-Ge系ろう材が用いられる。

【0007】一方、金属層13のマイクロビッカース硬度及び厚さをそれぞれHv及びT<sub>1</sub>(mm)とし、セラミック基板11の厚さ及び抗折強度をそれぞれT<sub>2</sub>(mm)及びS(MPa)とすると、 $A = [Hv \times T_1 / (T_2 \times S)]$  10  
 $< 0.08$ 、好ましくは $A < 0.03$ という関係が成立するように構成される。即ち、金属層13の硬度は小さく、金属層13の厚さは薄く、セラミック基板11の厚さは厚く、かつセラミック基板11の抗折強度は大きく構成される。上記A値を0.08未満に限定したのは、A値が0.08以上では温度サイクルを数千回繰返す前にセラミック基板11及び金属層13の界面に割れや亀裂を発生するからである。

【0008】また-40℃から125℃までの温度サイクルを3000回繰返したときの金属層13のマイクロビッカース硬度の増加量 $\delta$ は $0 < \delta \leq 35$ 、好ましくは $0 < \delta \leq 28$ である。増加量 $\delta$ を $0 < \delta \leq 35$ に限定したのは、 $\delta$ が35を越えると温度サイクルを数千回繰返す前に半導体実装用のはんだ層19に割れや亀裂を発生するからである。なお、マイクロビッカース硬度とは、マイクロビッカース硬度試験機で測定された硬度であり、ダイヤモンド四角錐の圧子を金属層表面に所定荷重F(N)で所定時間t(秒)押付けたときに生じる窪みの表面上の平均圧力で表される。即ち、上記窪みの対角線長さをd(mm)とすると、 $Hv = 0.18909 \times F / d^2$  30で表される。

【0009】このように構成された絶縁回路基板の製造方法を説明する。金属層13として純度が99.99重量%以上で、マイクロビッカース硬度が10～16かつ厚さが0.3～0.5mmのAlを用い、セラミック基板11として厚さが0.5～1.0mmで抗折強度が700～900MPaのSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>を用い、更に金属層用ろう材12としてAl-Si系ろう材を用いる。先ず上面に金属層用ろう材12及び金属層13を重ねたセラミック基板11を、シンク用ろう材16(Al-Si系ろう材)を介してAl製のヒートシンク14上に載せた状態で、これらに荷重0.1～1.0MPaを加え、真空中で600～650℃に加熱することにより、金属層13、セラミック基板11及びヒートシンク14を積層接着する。積層接着後、金属層13はエッチング法により所定のパターン回路となる。これにより絶縁回路基板10が作製される。次に上記パターン回路13上に半導体素子17を半導体用のはんだ層19を介して搭載した後に、この半導体素子17をパターン回路13の所定の位置にワイヤ18にて電氣的に接続する。ここでパターン

回路13とワイヤ18とは超音波接合される。なお、上記A値が0.08未満となるように、金属層13のマイクロビッカース硬度及び厚さと、セラミック基板11の厚さ及び抗折強度は設定される。

【0010】このように製造された絶縁回路基板10では、A値が0.08未満であるため、金属層13の変形抵抗及び厚さがともに小さく、セラミック基板11の強度及び厚さがともに大きい。このため、金属層13がセラミック基板11との熱膨張係数の相違に基づく熱変形の相違を柔軟に吸収し、かつセラミック基板11が金属層13との熱変形の相違により発生した内部応力に耐え得る靱性を有する。この結果、セラミック基板11及び金属層13の界面に割れや亀裂が発生しないので、この界面の温度サイクル寿命を延すことができる。また-40℃から125℃までの温度サイクルを3000回繰返しても金属層13のマイクロビッカース硬度の増加量 $\delta$ は35以下であるため、金属層13の温度サイクルによる加工硬化率が小さい。この結果、金属層13が半導体用のはんだ層19との熱膨張係数の相違に基づく熱変形の相違を柔軟に吸収するので、半導体用のはんだ層19に割れや亀裂等が発生せず、半導体用のはんだ層19の温度サイクル寿命を延すことができる。

【0011】図2は本発明の第2の実施の形態を示す。図2において図1と同一符号は同一部品を示す。この実施の形態では、セラミック基板11の上面のみならず、下面にも金属層用ろう材32を介して金属層33を積層接着することにより絶縁回路基板30が形成される。この場合、A値における金属層13、33の厚さT<sub>1</sub>及びマイクロビッカース硬度Hvはセラミック基板11の上下の金属層13、33のそれぞれの厚さ及びそれぞれのマイクロビッカース硬度を用いる。即ち、この実施の形態では、金属層13、33の厚さ及びマイクロビッカース硬度より求めた2つのA値がともに0.08未満となるように設定される。なお、この絶縁回路基板30は放熱板を有せず、図示しないがねじ止めにより或いは枠を用いて、直接ヒートシンクに固定される。上記以外は第1の実施の形態と同一に構成される。

【0012】図3は本発明の第3の実施の形態を示す。図3において図2と同一符号は同一部品を示す。この実施の形態では、セラミック基板11の下面に金属層用ろう材32を介して金属層33が積層接着され、更にこの金属層33の下面にシンク用ろう材16(Al-Si系ろう材又はAl-Ge系ろう材)を介してAl又はAl合金製のヒートシンク14が積層接着される。上記以外は第2の実施の形態と同一に構成される。

【0013】図4は本発明の第4の実施の形態を示す。図4において図3と同一符号は同一部品を示す。この実施の形態では、金属層33の下面に放熱用のはんだ層59又は放熱用ろう材(Al-Si系ろう材、Al-Si-Mg系ろう材等)を介してAlSiC製の放熱板54

(低熱膨張係数を有する。)が積層接着される。また放熱板54の下面には図示しないがねじ止めによりA1又はA1合金製の水冷ヒートシンクが固定される。上記以外は第3の実施の形態と同一に構成される。

【0014】図5は本発明の第5の実施の形態を示す。図5において図3と同一符号は同一部品を示す。この実施の形態では、第3の実施の形態の金属層33とA1又はA1合金製のヒートシンク14との間にA1SiCにより形成された緩衝層71が緩衝層用材72(A1-Si系ろう材、A1-Si-Mg系ろう材等)を介して積層接着される。上記以外は第3の実施の形態と同一に構成される。

【0015】

【実施例】次に本発明の実施例を比較例とともに詳しく説明する。

<実施例1>図4に示すように、金属層13、33として純度が99.99重量%、マイクロビッカース硬度が10.5かつ厚さが0.5mmのA1を用い、セラミック基板11として厚さが0.635mmで抗折強度が900MPaのSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>を用い、更に金属層用ろう材12としてA1-Si系ろう材を用いた。先ず上面にA1-Si系の金属層用ろう材12を介して金属層13を重ねたセラミック基板11を、A1-Si系の金属層用ろう材32を介して金属層33に載せた状態で、これらに荷重0.5MPaを加え、真空中で650℃に加熱することにより、金属層13、33及びセラミック基板11を積層接着した。次に金属層13をエッチング法により所定のパターン回路に形成し、金属層33の下面に放熱用はんだ層59を介してA1SiC製の放熱板54(低熱膨張係数を有する。)を接合した。この絶縁回路基板10を

実施例1とした。なお、上記パターン回路13上には半導体素子17を半導体用はんだ層19を介して搭載した後に、この半導体素子17をパターン回路13の所定の位置にワイヤ18にて電氣的に接続した。ここでパターン回路13とワイヤ18とは超音波接合した。

<実施例2>金属層として純度が99.99重量%、マイクロビッカース硬度が16.3かつ厚さが0.3mmのA1を用い、セラミック基板として厚さが0.635mmで抗折強度が350MPaのAlNを用いたことを除いて、実施例1と同様にして絶縁回路基板を作製した。この絶縁回路基板を実施例2とした。

【0016】<実施例3>金属層として純度が99.99重量%、マイクロビッカース硬度が20.5かつ厚さが0.2mmのA1を用い、セラミック基板として厚さが0.635mmで抗折強度が450MPaのSiCを用いたことを除いて、実施例1と同様にして絶縁回路基板を作製した。この絶縁回路基板を実施例3とした。

<実施例4>金属層として純度が99.5重量%、マイクロビッカース硬度が22.5かつ厚さが0.3mmのA1を用い、セラミック基板として厚さが1.0mmで

抗折強度が300MPaのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いたことを除いて、実施例1と同様にして絶縁回路基板を作製した。この絶縁回路基板を実施例4とした。

【0017】<比較例1>金属層として純度が99.0重量%、マイクロビッカース硬度が24.1かつ厚さが1.0mmのA1を用い、セラミック基板として厚さが0.635mmで抗折強度が300MPaのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いたことを除いて、実施例1と同様にして絶縁回路基板を作製した。この絶縁回路基板を比較例1とした。

<比較例2>金属層として純度が99.9重量%、マイクロビッカース硬度が21.3かつ厚さが1.0mmのA1を用い、セラミック基板として厚さが0.635mmで抗折強度が350MPaのAlNを用いたことを除いて、実施例1と同様にして絶縁回路基板を作製した。この絶縁回路基板を比較例2とした。

【0018】<比較例3>金属層として純度が99.99重量%、マイクロビッカース硬度が63.2かつ厚さが0.3mmのCuを用い、セラミック基板として厚さが0.635mmで抗折強度が350MPaのAlNを用い、更に金属層用ろう材としてAg-Cu-Ti系ろう材を用いた。先ず上面にAg-Cu-Ti系の金属層用ろう材を介して金属層を重ねたセラミック基板を、別のAg-Cu-Ti系の金属層用ろう材を介して別の金属層に載せた状態で、これらに荷重0.5MPaを加え、真空中で900℃に加熱することにより、金属層及びセラミック基板を積層接着した。次に実施例1と同様に上側の金属層をエッチング法により所定のパターン回路に形成し、下側の金属層の下面に放熱用はんだ層を介してA1SiC製の放熱板(低熱膨張係数を有する。)を接合した。この絶縁回路基板を比較例3とした。

<比較例4>金属層として純度が99.99重量%、マイクロビッカース硬度が70.5かつ厚さが0.4mmのCuを用い、セラミック基板として厚さが0.635mmで抗折強度が900MPaのSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>を用いたことを除いて比較例3と同様にして絶縁回路基板を作製した。この絶縁回路基板を比較例4とした。

【0019】<比較試験及び評価>実施例1~4及び比較例1~4の絶縁回路基板に温度サイクル寿命試験を行い、金属層の硬度の増加量を求めた。温度サイクル寿命試験は上記基板を炉に入れて、この炉内を-40℃から125℃までの温度サイクルを繰返し、セラミック基板又は半導体用はんだ層に割れ又は亀裂が発生するまでの温度サイクルの回数を測定することにより行った。なお、上記割れ又は亀裂は光学顕微鏡により観察した。また金属層の硬度の増加量は次のようにして求めた。先ず温度サイクル寿命試験開始前の金属層の硬度H<sub>v1</sub>をマイクロビッカース硬度試験機を用いて測定し、次に-40℃から125℃までの温度サイクルを3000回繰返した時点で金属層の硬度H<sub>v2</sub>をマイクロビッカース硬度試験機を用いて測定し、更に硬度の増加量δを[H<sub>v</sub>

$2-Hv_1]$  から求めた。これらの結果を表1に示す。

【0020】なお、表1におけるA値は $[Hv \times T_1 / (T_2 \times S)]$  から求めた。また、マイクロビッカース硬度試験機とは、顕微鏡と組合せて極めて微少部分の硬さを測定する試験機であり、マイクロビッカース硬度はダイヤモンド四角錐の圧子を金属層表面に所定荷重F(N)で所定時間t(秒)押付けたときに生じる窪みの

表面上の平均圧力で表される。即ち、上記窪みの対角線長さをd(mm)とすると、 $Hv = 0.18909 \times F / d^2$  で表される。ここでは上記所定荷重Fを0.1Nとし、所定時間tを15秒として硬度を測定した。

【0021】

【表1】

	金属層			セラミック基板			A 値	金属層の硬度の増加量(δ)	温度サイクル寿命(回)	割れ又は亀裂の発生した部材
	材質	厚さ[T <sub>1</sub> ](mm)	硬度[Hv]	材質	厚さ[T <sub>2</sub> ](mm)	抗折強度[S](MPa)				
実施例1	Al	0.5	10.5	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	0.635	900	0.0092	15.0	5020	半導体用はんだ層
実施例2	Al	0.3	16.3	AlN	0.635	350	0.0220	13.6	3660	半導体用はんだ層
実施例3	Al	0.2	20.5	SiC	0.635	450	0.0143	20.8	4100	半導体用はんだ層
実施例4	Al	0.3	22.5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.0	300	0.0225	27.0	4710	半導体用はんだ層
比較例1	Al	1.0	24.1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.635	300	0.1265	26.5	830	セラミック基板
比較例2	Al	1.0	21.3	AlN	0.635	350	0.0958	25.6	1500	セラミック基板
比較例3	Cu	0.3	63.2	AlN	0.635	350	0.0853	44.0	520	セラミック基板・半導体用はんだ層
比較例4	Cu	0.4	70.5	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	0.635	900	0.0493	37.0	1450	半導体用はんだ層

【0022】表1から明らかなように、比較例1～4では温度サイクル寿命が520～1500回と少なかったのに対し、実施例1～4では温度サイクル寿命が3660～5020回と多く、実施例の温度サイクル寿命は比較例より2.4倍以上延びた。また比較例1～4ではA値が0.0493～0.1265大きかったのに対し、実施例1～4では0.0092～0.0225と小さく、更に比較例1～4では金属層の硬度の増加量δが25.6～44.0と大きかったのに対し、実施例1～4では13.6～27.0と小さかった。この結果、A値が0.08未満であり、金属層の硬度の増加量が35以下であれば、温度サイクル寿命が飛躍的に延びることが判った。なお、比較例3及び4の金属層(Cu)の硬度の増加量δが実施例1～4並びに比較例1及び2の金属層(Al)の硬度の増加量δより大きかったのは、Cuの方がAlより硬度変化が大きく、これにより半導体用はんだ層の寿命を低下させたためであると考えられる。

【0023】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、セラミック基板の両面のいずれか一方又は双方にAl-Si系又はAl-Ge系の金属層用ろう材を介して金属層を積層接着し、金属層のマイクロビッカース硬度及び厚さをそれぞれHv及びT<sub>1</sub>(mm)とし、セラミック基板の厚さ及び抗折強度をそれぞれT<sub>2</sub>(mm)及びS(MPa)とする

とき、 $A = [Hv \times T_1 / (T_2 \times S)] < 0.08$  という関係が成立するように構成したので、金属層の変形抵抗及び厚さがともに小さく、セラミック基板の強度及び厚さがともに大きい。このため、金属層がセラミック基板との熱膨張係数の相違に基づく熱変形の相違を柔軟に吸収し、かつセラミック基板が金属層との熱変形の相違により発生した内部応力に耐え得る靱性を有する。この結果、セラミック基板及び金属層の界面に割れや亀裂が発生しないので、この界面の温度サイクル寿命を延すことができる。

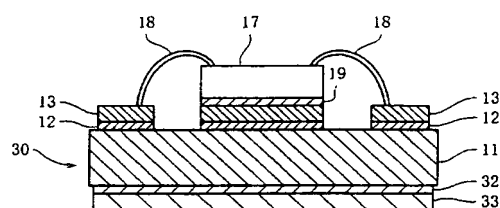
【0024】また-40℃から125℃までの温度サイクルを3000回繰返したときの金属層のマイクロビッカース硬度の増加量δが0<δ≤35であれば、金属層の温度サイクルによる加工硬化の度合いが小さいため、金属層が半導体用はんだ層との熱膨張係数の相違に基づく熱変形の相違を柔軟に吸収する。この結果、半導体用はんだ層に割れや亀裂等が発生しないので、半導体用はんだ層の温度サイクル寿命を延すことができる。更にセラミック基板をSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlN、SiC又はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>により形成し、金属層をAl又はAl合金により形成すれば、上記効果を顕著に奏することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第1実施形態の絶縁回路基板の縦断面図。

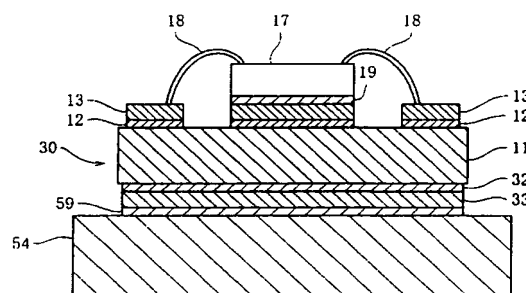
【図 5】本発明の第 5 実施形態を示す図 1 に対応する縦

【图 2】



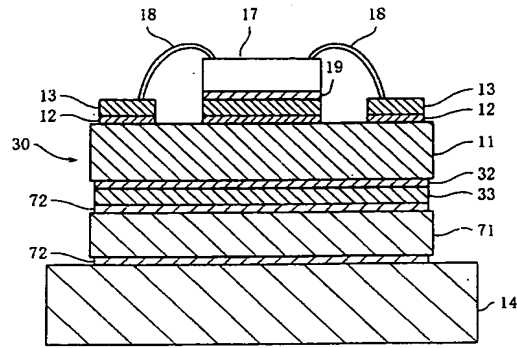
- 11 セラミック基板  
12, 23 金属層用ろう材  
13, 33 金属層  
30 絶縁回路基板

【图 4】



- 11 セラミック基板  
12, 32 金属層用ろう材  
13, 33 金属層  
30 絶縁回路基板

【図5】



11 セラミック基板  
 12, 32 金属層用ろう材  
 13, 33 金属層  
 30 絶縁回路基板

フロントページの続き

(72)発明者 島村 正一  
 埼玉県大宮市北袋町1丁目297番地 三菱  
 マテリアル株式会社総合研究所内

Fターム(参考) 5F036 AA01 BA04 BC06 BD01 BD03  
 BD13 BD14

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**